

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Laiva- ja venetekniikka

2014

Jesse Bogel

MAHDOLLISUUS VAIKUTTAA ROISKEVASTUKSEEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka | Laiva- ja venetekniikka

2014 | 33

Ohjaajat

Lauri Kosomaa, Turun ammattikorkeakoulu

Raimo Hämäläinen, STX Finland

Jesse Bogel

MAHDOLLISUUS VAIKUTTA ROISKEVASTUKSEEN

Opinnäytteen tavoitteena oli tarkastella keinoja roiskevastuksen pienentämiseen ja määrittämiseen. Työssä kerrotaan, mitä on roiskevastus ja selvitetään sen yhteyttä aaltovastukseen. Pohdinnat mahdollisuudesta pienentää roiskevastusta ja arviot roiskevastuksen suuruudesta ovat kuitenkin työn oleellisin osa. Työ pohjautuu paljon itse hankittuun tietoon ja on resurssien puutteen takia teoreettinen.

Työ aloitettiin valitsemalla ne alukset, joihin tutkimukset haluttiin kohdistaa. Valituista aluksista määritettiin aaltovastusprosentti ja piirrettiin kuvaaja. Aaltovastusprosentti-käyrän rinnalle piirrettiin käyrä, josta oli poistettu oletettu roiskevastuksen osuus. Roiskevastuksen osuus määritettiin mallikoeraportin kuvien perusteella. Referenssipohjana pidettiin Hurtigrutenin tapausta. Siinä roiskivasta laivasta oli saatu pudotettua aaltovastusta muuttamalla vesiviiva s-muotoiseksi. Roiskeiden määrä vähentyi paljon, joten voidaan olettaa vastuksen putoamisen johtuvan lähes yksinomaan roiskevastuksen pienentymisestä. Lopuksi vertailtiin laivojen linjapiirroksia ja selvitettiin CFD:n tarkkuutta roiskevastuksen määrittämisessä.

Lopputuloksena saatiin joitain helppoja perussääntöjä roiskevastuksen parantamiseen. Hurtigrutenin CFD-laskussa oli selvä ristiriita mallikoetuloksen kanssa, joten CFD:n validoimista ei voida pitää täysin luotettavana.

ASIASANAT:

roiskevastus, aaltovastus, CFD

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Naval Architecture and Marine Engineering

2014 | 33

Instructor

Lauri Kosomaa, Turku university of applied sciences

Raimo Hämäläinen, STX Finland

Jesse Bogel

AN OPPORTUNITY TO INFLUENCE SPRAY RESISTANCE

The purpose of this Bachelor's thesis was to contemplate ways to decrease spray resistance and define it. The thesis describes what spray resistance is and determines its connection to wave resistance. However the main focus of the thesis was to contemplate ways to decrease spray resistance and estimate the extent of the spray resistance. STX did not have much information about spray resistance, nor was there any information or calculations from other sources. The thesis is mostly based on self-acquired information and due to the lack of sources it is quite theoretical.

The project started by choosing the ships to be the main focus of the study. With each chosen ship the wave resistance percentage was defined and a graph of it was drawn. In addition to the wave resistance percentage -graph a graph was drawn to represent the supposed portion of the splash resistance. This portion was defined on the basis of the resistance test pictures from the model -test reports. Hurtigruten case was used as a reference base, where the amount of splashing a badly splashing ship was decreased by changing the waterline area into an s-shape. The quantity of splashes and spray decreased greatly, presumably solely due to the splash resistance of the ship. Lastly, the line drawings of the ships were compared and the CFD accuracy in defining the splash resistance was determined.

As an end result, a few basic rules were defined for better splash resistance. The Hurtigruten CFD -calculations contradicted with model -test results and therefore the CFD validations can not be considered reliable.

KEYWORDS:

spray resistance, wave resistance, CFD

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO JA STX FINLAND	6
2 ROISKEVASTUS JA AALTOVASTUS	7
3 ROISKEVASTUKSEN VAIKUTUS	11
4 VANHOJEN LAIVOJEN TUTKIMINEN	12
4.1 Valintojen perusteet ja menetelmät	12
4.2 Valitut laivat	12
5 CFD	16
5.1 CFD teoria	16
5.2 Hurtigruten	17
6 TULOKSET JA VERTAILUT	18
6.1 Laivojen roiskevastusarviot	18
6.2 Linjapiirustuksien vertailu	25
7 YHTEENVETO	29
7.1 Eri laivatyyppit	29
7.2 Linjapiirustuksien yhteenveto	30
7.3 Jatkomahdollisuudet	32
LÄHTEET	33

KUVAT

Kuva 1. Esimerkit suuresta ja pienestä roiskevastuksesta. Vasemmalla Scandlines ja oikealla TUI samalla nopeudella 22 kn.....	7
Kuva 2. Kuvassa on selitetty tarkemmin vertailtuja arvoja. 1. Vesiviivan viereisen linjan pituus. 2. vesiviivan aukeamiskulma niin sanottu V-kulma. 3. Linjojen yhdistyminen laitaan ja keskiviivaan. 4. Stemkulma. 5. Viiva näyttää tuleeko bulbi pinnalle.....	26
Kuva 3. Punaisella ympyröidyllä alueella näkyy lisätty S-muoto. Sininen on malli E1 ja valkoinen E.	27
Kuva 4. Nielu jossa on muutettu kohtauskulma veteen paremmaksi.	31

KUVIOT

Kuvio 1. 1. TUI 18 kn, 2. Viking Grace 18 kn, 3. Radisson 18 kn, 4. Scandlines 18 kn, 5. Superspeed 27 kn, 6. Hurtigruten 18 kn, 7. Stella 14 kn, 8. Hamina 24 kn ja 34 kn	10
Kuvio 2. Matalan veden kriittinen alue on merkattu punaisella.	10
Kuvio 3. Scandlines.	18
Kuvio 4. Viking Grace.	19
Kuvio 5. TUI.	21
Kuvio 6. Superspeed.	22
Kuvio 7. Stella.	23
Kuvio 8. Hamina-ohjusvene	25

TAULUKOT

Taulukko 1. Scandlines.	18
Taulukko 2. Viking Grace.	19
Taulukko 3. TUI.	20
Taulukko 4. Superspeed.	21
Taulukko 5. Stella.	22
Taulukko 6. Radisson Diamond.	23
Taulukko 7. Hamina-ohjusvene.	24

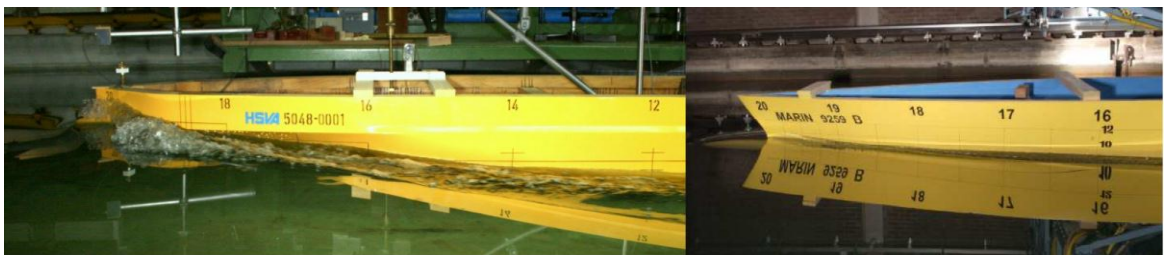
1 JOHDANTO JA STX FINLAND

Työn tarkoituksena on tarkastella roiskevastuksen osuutta aaltovastuksesta, sen yleisyyttä ja mahdollisuuksia sen pienentämiseen STX Finlandin laivoissa. Työssä katsotaan vanhojen laivojen hyviä ja huonoja piirteitä, jotka saattavat aiheuttaa roiskeiden lisääntymistä. Tarkoitus ei ole kehittää uutta tekniikkaa tai hydrodynamiikkasuunnittelua, vaan koota vanhoista laivoista saatavista tiedoista ns. peukalosääntöjä tai suuruusluokkaa arvioita. Sääntöjä varioimalla päästäisiin parempaan lopputulokseen helpommin Työ suoritetaan STX Finlandin tiloissa käyttäen heidän laivoistaan kerättyä tietoa ja mallikoeraportteja. Roiskevastuksen erottamiseen aaltovastuksesta ei ole olemassa kunnollista tietoa, joten erotus ja arvio suuruudesta tehdään roiskeiden määrän mukaan. Mallikoeraportteista katsotaan, miten paljon milläkin nopeudella laiva roiskii ja roisketta verrataan laivojen runkojen malliin. Yhteenvedossa todetaan, jos löytyi rungonmuoto lisäämään tai vähentämään roiskeita.

STX Finlandilla on Suomessa telakat Turussa ja Helsingissä. STX Finland kuuluu kansainväliseen STX Europe –ryhmään. STX Europella on töissä 14 500 työntekijää ja sen pääosakkeenomistajalla STX Business Groupilla on eri teollisuusalojen tuotantolaitoksia eri puolilla maailmaa ja yhteensä noin 70 000 työntekijää. STX Finlandilla on noin 1900 työntekijää. Helsingin telakka Arctech Helsinki Shipyard Oy on STX Finlandin ja venäläisen United Shipbuilding Corporationin tasaosuuksin omistama yhteisyritys. Hietalahdessa toimivassa yrityksessä on 400 työntekijää. Se on keskittynyt lähinnä jäänmurtajiin ja muihin arktisiin aluksiin. Turun telakka työllistää noin 1500 työntekijää. Turun telakan päätuotteita ovat suuret risteily- ja automatkustajalaivat. Telakan päätuotteisiin kuuluu hyvä sijainti ja suuri rakennusallas, joka on 365 x 80 m. Sitä voi suurentaa tarvittaessa lähes rajattomasti. (Stx Europe 2014.)

2 ROISKEVASTUS JA AALTOVASTUS

Roiskevastus on osa aaltovastusta mallikoelaitoksen suorittamissa vetokokeissa. Se on erittäin vaikea erottaa aaltovastuksesta, koska aallon muuttuminen roiskeeksi on vaikea tunnistaa. Roiskeet vaikuttavat negatiivisesti vastukseen ja laivan märkyyteen monilla tavoilla. Veden lähtiessä nousuun vesi seuraa tietyn matkan laivan runkoa. Veden nouseminen lisää rungon märkäpinta-alaa. Kuva 1. näyttää suuren ja pienen roiskeen eroa. Veden nostaminen roiskeeksi ja roiskeiden törmäminen laivan runkoon vievät energiaa. Roiskeet voivat lentää eri suuntaan, joka sekin vaikuttaa vastuksen suuruuteen. Virtaviivainen alus heittää veden reilusti takaviistoon, jolloin veden ja laivan välinen nopeusero muuttuu mahdollisimman vähän. Proomukeulainen laiva, kuten lossi, vaihtaa veden nopeuden suuntaa huomattavasti enemmän ja pahimmassa tapauksessa sama vesimassa törmää lossiin useaan kertaan. Lossi ei siis siirrä roiskeita ja



vettä sivuun.

Kuva 1. Esimerkit suuresta ja pienestä roiskevastuksesta. Vasemmalla Scandlines ja oikealla TUI samalla nopeudella 22 kn.

Roiskevastus R_s voidaan ajatella laskettavan kaavalla

$R_s = R_{sp} + R_{sf}$, jossa

R_{sp} = Roiskeen painevastus

R_{sf} = Roiskeen kitkavastus

Ongelma on, että molempien suureiden määrittäminen on laskemalla ja mallikokeilla mahdotonta. (Müller-Graf 1991, 127.)

Roiskeet ovat pienemmillä niin sanotuilla liukuveneillä selvästi suurempi ongelma. Liukuveneen aaltovastuksesta suurin osa on juuri roiskevastusta. Vastusta suurempi ongelma on suurien roiskeiden aiheuttama epämukavuus. Roiskeet saattavat kastella matkustajia, varsinkin tuulessa, ja estää näkyvyyden eteen. Monissa liukuveneissä käytetään roiskelistoja. Ne sijoitetaan lähelle vedenpintaa ja niiden tarkoitus on irrottaa nouseva vesi veneen pinnasta ja heittää vesi pois päin veneestä. Listat ottavat vastaan roiskeiden voiman alhaalta ja luovat veneelle nostetta. Noste helpottaa plaaniin pääsyä ja alentaa osaltaan vastusta. Vene tarvitsee liukuun siirtyessään hetkellisesti enemmän tehoa kuin liukuesaan, ja tätä porrasta saadaan pienennetty nostamalla veneen keulaa roiskelistojen avulla. Tämän kaltaisia roiskelistoja ei ole laivoissa käytetty. Listoja päätettiin tutkia, koska listat ovat selvin ja yleisin keino vähentää roiskeiden haitta-vaikutuksia. Roiskelistat ovat käyttökelpoisia puoliplaanaavissa aluksissa, kuten vertailussa mukana olevassa Hamina-luokan ohjusveneessä. Roiskelistojen aiheuttama vastus R_{sr} jakautuu kahteen osatekijään.

$R_{sr} = R_{srp} + R_{srf}$, jossa

R_{srp} = Roiskelistan painevastus

R_{srf} = Roiskelistan kitkavastus

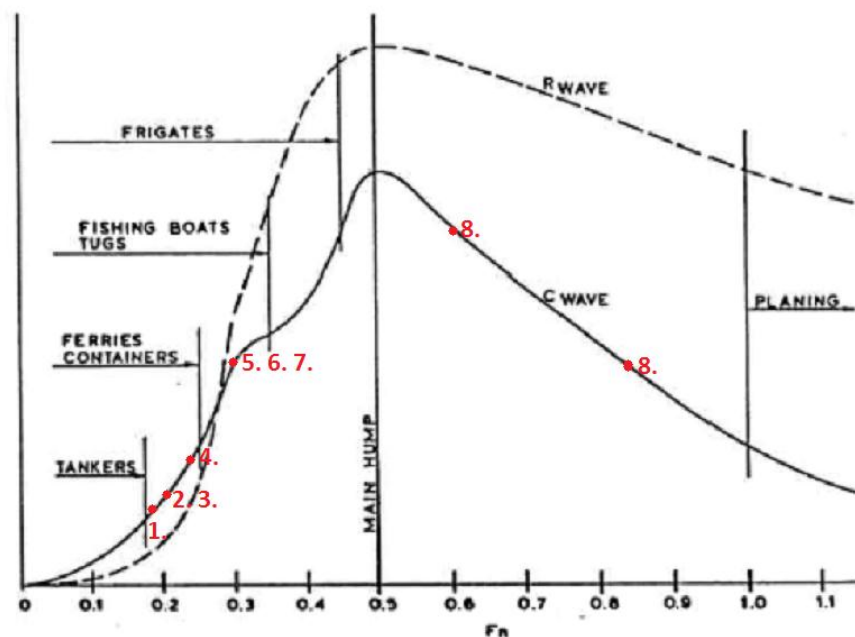
Tätä kaavaa ei pystytä hyödyntämään, sillä roiskeveden nopeus ja osumiskulma roiskelistaan ei ole tiedossa. Yleisesti saatu hyöty on suurempi kuin aiheutuva kitka. (Müller-Graf 1991, 128.)

International towing tank conference (ITTC) -järjestön kanssa käytiin sähköpostikeskustelu roiskevastuksen määrittämisestä. Heidän mukaansa tällä hetkellä ei ole numeerista kaavaa, jolla saataisiin laskettua roiskevastus. Mallikokeissa se ei ole mahdollista, koska roiskevastusta ei saada mitattua. (ITTC 2014.)

Teoreettisemmin voidaan tarkastella tietynmallisten esineiden aiheuttamaa roisketta vedettäessä niitä vedessä. Erilaisia muotoja on helpompi tutkia ja saada

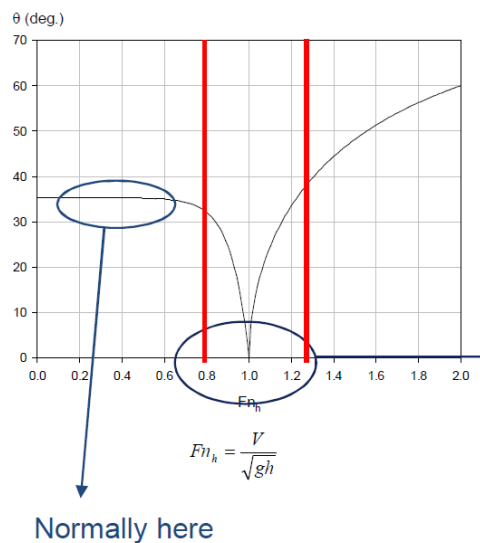
tehtyä matemaattisia kaavoja. Kappaleet ovat aina samanlaisia ja suurien testimäärien tekeminen on helppoa toisin kuin laivoilla. Kappaleen roiskevastusker-toimeen vaikuttavat kappaleen eturungon pituus, leveys ja Frouden luku. Suu-rella eturungon ja leveyden suhteella 0,4–0,8 kasvaa roiskeiden määrä. Sylinterillä alkaa muodostua roisketta Frouden luvulla 0,5. Sylinterin edessä vesi nou-see pintaa pitkin ja jatkaa matkaansa kylkeä pitkin kunnes irtoaa roiskeeksi. (Hoerner 1965, 10–13.)

Laivan aaltovastuksen kannalta on olemassa Frouden luvun kriittisiä arvoja. Frouden luvulla 0,1 alkaa aallonmuodostus. Ennen 0,1:n luvulla olevaa nopeut-ta ei aaltoja tule. Frouden luvulla 0,2–0,25 alkaa muodostua roiskeita. Aaltovas-tus alkaa muuttua selvästi tärkeämmäksi tekijäksi kuin pienemmillä luvuilla. Frouden luvulla 0,3 alkaa keula- ja peräaallon interferenssi. 0,3:n luvulla on lä-hes aina suuri aaltovastus. Hurtigruten toimii 0,3:n luvulla, ja se osaltaan vaikut-taa negatiivisesti roiskevastukseen. Frouden luvulla 0,4 aallonpituus on laivan mittainen. Aaltovastus kasvaa paljon välillä 0,4–0,5 F_n . Frouden luvulla 0,5 on laivan suurin aaltovastus lähes kaikilla aluksilla. Laiva kulkee omalla aallollaan. (Hämäläinen 2014, 25.) Tilanne on esitetty kuviossa 1. Kuvioon on sijoitettu kaikki vertailussa mukana olleet alukset.



Kuvio 1. 1. TUI 18 kn, 2. Viking Grace 18 kn, 3. Radisson 18 kn, 4. Scandlines 18 kn, 5. Superspeed 27 kn, 6. Hurtigruten 18 kn, 7. Stella 14 kn, 8. Hamina 24 kn ja 34 kn

Frouden luku voi riippua laivan pituuden sijaan veden syvyydestä. Tällöin merkitään Fn :n sijaan Fn_h . Matalassa vedessä aaltojärjestelmät toimivat eri tavalla. Frouden luku on matalassa vedessä huomattavasti suurempi kuin syvässä vedessä, ja sen seurauksena kasvaa aaltovastus. Kuviossa 2 on esitetty matalassa vedessä oleva kriittinen alue ja Fn_h :n laskukaava.



Kuvio 2. Matalan veden kriittinen alue on merkattu punaisella.

Vertailussa mukana olevan Scandlinesin Frouden luku on 0,24 syvässä vedessä. Matalassa 18 m:n syvyydessä vedessä luku on 0,69. Luku on suuri, mutta se ei ole kriittisellä alueella. Vastukseen negatiivinen vaikutus on silti suuri. (Hämäläinen 2014, 49.)

3 ROISKEVASTUKSEN VAIKUTUS

Työssä on tarkoituksena muodostaa telakalla olevista tiedoista niin sanottuja peukalosääntöjä ja suuruusluokka-arvioita. Kokemuspohjaisista tuloksista voidaan mahdollisimman nopeasti tarkastella roiskevastusta. Roiskiminen mielletään helposti pieneksi asiaksi, jolla ei ole vaikutusta laivan kokoisessa tuotteessa. Sitä pidetään hyvin pienenä osana kokonaisvastuksessa. Mahdollinen saatava hyöty on noin 0,1–1,5 %, joka kuulostaa pieneltä. Vaikutus on helpompi ymmärtää esimerkin avulla.

Viking Grace:ssa on pääkoneina 4 kappaletta Wärtsilän 8L50DF-moottoreita. Yksi kone kuluttaa 75 %:n käyttöasteella 192 g/kWh. Tehoa koneessa on 75 % käyttöasteella 5700kW. Jolloin kone kuluttaa $5700 \cdot (24 \cdot 30 \cdot 12) \cdot 0,6$ kwh vuodessa. 0,6 on käyttöastekerroin, joka on suuri Turku–Tukholma reitin kiireellisyyden takia. Näistä saadaan vuosittaiseksi polttoaineen kulutukseksi 5 700 000 kg. Polttoaine maksaa noin 0,6 e/kg, jolloin saadaan vuosittaiseksi polttoainekustannukseksi 3 400 000 euroa. 0,5 %:n roiskevastussäästöllä saataisiin aikaiseksi $3404022 \cdot 0,005 = 17020$ euron säästö. Laivan käyttöiän ollessa noin 30 vuotta saadaan $17020 \cdot 30 = 510\,000$ euroa säästöä. Kaikkien koneiden säästö elinkaaren aikana on $4 \cdot 510603 = 2\,042\,000$ euroa.

Huomionarvoista on Viking Gracen erittäin pieni roiskevastus verrattuna moniin muihin autolauttoihin. Muissa laivatyypeissä saattaa olla paljon isompi roiskevastusprosentti, jolloin mahdolliset säästöt kasvavat.

4 VANHOJEN LAIVOJEN TUTKIMINEN

4.1 Valintojen perusteet ja menetelmät

Tutkimukseen päätettiin valita erilaisia laivoja, jotta saataisiin mahdollisimman laaja käsitys. Tarkoituksena oli saada tietoa siitä, minkälaisilla laivoilla roiskevastus on merkityksellinen. Laivojen valinnan jälkeen etsittiin niiden mallikoeraportit. Raporteista vertailtiin eri laivojen roiskeiden suuruuksia ja niiden perusteella rakennettiin käsitystä eri alustyyppien välisistä suhteista. Raporteista määritettiin laivojen aaltovastukset, joko laskennallisesti ITTC-57-menetelmällä tai ITTC-78 Prohaskan -menetelmällä. Raporttien kuvista arvioitiin roiskeille sopiva prosenttiosuus aaltovastuksesta ja piirrettiin kuvaajat jokaisesta aluksesta. Kuvaajissa x-akselilla on nopeus ja y-akselilla aaltovastusprosentti. Käyriä piirrettiin kaksi, joista toinen oli aaltovastus nopeuden funktiona ja toinen aaltovastus miinus roiskearvio nopeuden funktiona.

4.2 Valitut laivat

Ensimmäinen valituista laivoista oli Scandlinesille tehty kaksipäinen lautta-projekti. Se on myös suurin syy tämän tutkimuksen tekemiseen. Ongelmana on sen reitti, joka on niin lyhyt, ettei laivan käänny satamaan tullessaan. Laituri on malliltaan sellainen, ettei laivaan voi laittaa bulbia. Suunnittelussa yksipotkurimallissa ei saa bulbia kovinkaan helposti sopimaan vaan tarvittaisiin kaksi potkuria ja bulbi niiden väliin keskelle. Siinä olisi suuri määrä muita ongelmia. Ilman bulbia ei pystytä rakentamaan tarpeellista interferenssiä keulaan. Vastuksen pienentämiseksi lauttaan on suunniteltu niin sanottu nokka, joka mahtuu laiturin alle ja sen päälle aukeaa keularamppi. Nokalla ei kuitenkaan saada aikaan roiskeiden kannalta sopivaa interferenssiä, vaikka se pienentääkin muuta aaltovastusta oleellisesti. Lautta on todella kova roiskimaan, mikä näkyy selvästi sille

tehdyissä mallikokeissa. Tilanne on tyypillinen tämän tyyppisille aluksille. Tehoennusteesta saatiin todella hyvä muihin vastaaviin lauttoihin nähden.

Viking Grace valittiin mukaan STX:n uusimpana valmistuneena laivana ja toisena päätuotteena eli RoPaxina. Sen suunnittelua roiskevastusmielessä haittaavat samat asiat kuin kaikkia autolauttoja. Keulaportin takia keulasta on pakko tehdä melko leveä ja viistoamiset ovat jyrkät. Keulaa ei voi muotoilla vapaasti, koska portin ja rampin tekniikka tarvitsevat tilaa. Grace'in laituri on suunniteltu niin, että siihen pystyy ajamaan bulbillinen alus. Gracen bulbi on saatu optimoitua hyvin perusmatkanopeudelle. Laivana Grace on hiljainen, ja siinä on todella pieni aallonmuodostus. Pieni aallonmuodostus tarkoittaa pientä roisketta. Roisketta esiintyy vasta suurilla nopeuksilla, joille bulbia ei ole optimoitu. Suurilla nopeuksilla roisketta on todella vähän. Matalilla nopeuksilla 10–14 kn aluksen aallonmuodostus kasvaa johtuen bulbin liian suuresta volyyymistä nopeuteen nähden. Näillä nopeuksilla aalto ei murru roiskeeksi. Tästä onkin haittaa lähinnä taloudellisesti ja saariston asukkaille.

Saksalaisen varustamon TUI:n Mein Schiff 3 ja 4 ovat valmistumassa kirjoitushetkellä STX:n telakalla. Ne ovat STX:n toinen päätuote eli risteilijöitä. Risteilijää ei yleensä vaivaa ongelmat, jotka rajoittaisivat hydrodynamiikkasuunnittelua. Risteilijän ei ole aukeavaa porttia, joten siihen voi tehdä muokkauksia lähes vapaasti. TUI:n keulaa muutettiin vielä aivan suunnittelun loppuvaiheilla. Keulasta poistettiin hieman volyyymia eli keulan vesiviivaan tehtiin S-muotoa. Se paransi aaltovastusta ja vaikutti selvästi myös roiskeiden väheneeseen. Risteilijään voi täysin vapaasti tehdä bulbin, joka on mahdollisimman hyvä kyseiseen suunnittelu nopeuteen. TUI:n bulbi on erittäin pitkä ja terävän mallinen. Tarkoituksena on saada mahdollisimman suuri käyttökelpoinen nopeusalue. TUI on todella hoikan mallinen ja se vaikuttaa positiivisesti roiskeiden syntyyn. TUI:n roiskevastus on todella pieni, sillä vasta aivan ylimmillä nopeuksilla esiintyy hieman roisketta. Hyvällä runkosuunnittelulla saadaan roiskeet lähes kokonaan pois, mutta aallonmuodostusta isolla vedenalaisella tilavuudella ei pystytä välttämään.

Hamina luokan ohjusvene valittiin edustamaan pienempiä, mutta nopeita aluksia. Se on niin sanottu puoliplaanaava eli erilainen kuin aikaisemmat uppoamarunkoiset alukset. Plaanaavat ja puoliplaanaavat alukset ovat nopeita eikä niissä yleensä kannata käyttää bulbia, joten ne voivat olla roiskivia. Veneessä ei ole käytetty roiskelistoja, koska keulan muotoilulla on saatu vesiheitto taittumaan vahvasti taaksepäin. Puoliplaanaavana veneen aaltovastuksen osuus putoaa nopeuden noustessa 20 solmusta 30 solmuun. Se on täysin päinvastoin kuin uppoamarunkoisilla aluksilla. Aaltovastuksen osuuden putoaminen aiheutuu puoliliuku kynnyksestä. Roiskevastuksen osuus taas kasvaa, vaikka aaltovastuksen osuus pienenee.

Superspeed valittiin mukaan edustamaan nopeaa uppoumalaiva ryhmää, jossa suurilla aluksilla ajetaan suurilla nopeuksilla. Silloin F_n on yli 0,35. Superspeedin suunnittelunopeus on 27 solmua, mikä on suurelle autolautalle paljon. Vertailussa Viking Gracen maksimi nopeus on 24 solmua ja superspeedin 30 solmua. Superspeedin nopeus on asettanut rajoituksia rungolle. Bulbin olemassaolo on käytännössä välttämätöntä, jotta roiskeet ja aaltovastus saadaan pienennettyä. Keulaportti on tavallista autolauttaa kapeampi, koska keula on pitänyt saada hoikemmaksi kuin hitaammissa aluksissa.

Radisson diamond on katamaraanirunkoinen matkustaja-alus. Sillä on todella suuri aallonvastusosuus kokonaisvastuksesta. Katamaraaniin ei ole tehty bulbia mikä aiheuttaa isoja pitkiä aaltoja. Tämä ei ole normaalia, mutta kyseisessä aluksessa on tapahtunut suunnittelun muutostarve. Aluksen ponttooneihin on jouduttu lisäämään huomattava määrä uppoumaa. Uppouma nostaa aallot. Edestäpäin katsottuna katamaraanin molemmat ponttoonit ovat vedenpinnan tasossa hyvin ohuet. Siksi se halkoo veden hyvin ja roiskeita ei synny käytännössä ollenkaan. Kokonaisvastukseltaan alus ei ole optimaalinen.

Referenssinä käytettiin Hurtigrutenia. Siitä oli kahdella eri runkokuodolla hyviä mallikoetuloksia, joista saatiin suoraan katsottua muutoksessa saatu säästöprosentti. Muutos poisti vain roiskeet, joten prosentit voidaan laskea olevan yhtä kuin roiskevastus. Hurtigrutenin suurimpana ongelmana on Frouden luku, joka on 0,3. Frouden luvun kasvaessa 0,3:en alkaa se aiheuttaa

aaltojärjestelmien interferenssiä. Tällöin roiskeiden lisääntyminen on todennäköistä.

5 CFD

5.1 CFD teoria

CFD eli Computational Fluid Dynamics on numeerinen ja algoritmien tapa simuloida nesteiden virtauksia. Tietokoneiden kehitys on mahdollistanut CFD:n käytön apukeinona laivojen hydrodynamiikkasuunnittelussa. Aikaisemmin ei ollut mahdollista simuloida monimutkaisia tilanteita kuten turbulenttisia virtauksia. Se on edelleen hidasta ja vaatii todella tehokkaita tietokoneita. STX:n kokemusten mukaan laivojen runkojen vastuksen määrittämisessä CFD on muuttumassa varteenotettavaksi vaihtoehdoksi perinteisten mallikokeiden rinnalle. Tälläkin hetkellä sitä käytetään huomattavan paljon projektien alku vaiheessa tapahtuviin perusarvojen määrittäisiin. Uskoa ovat lisänneet kahden prosentin tarkkuudella saadut vastustulokset CFD:n ja mallikokeiden välillä. Nykyään erilaisia runkomuotoja kokeillaan ensin CFD:llä ja vasta paras varmistetaan mallikokeilla. (STX Finland 2014.)

Roiskevastuksen määrittämiseen CFD sopii tiettyyn rajaan asti. Nykyisten koneiden teho ei riitä jokaisen pisaran mallintamiseen. Se on suurin rajoittava tekijä tarkassa roiskevastuksen määrittämisessä. CFD ottaa huomioon veden roiskeeksi nostamiseen tarvittavan energian ja runkoa pitkin nousussa tekemän märkäpinta-alan.

Työssä käytettiin CFD:tä hyödyksi Hurtigrutenin kahden version välisessä tarkastelussa. Eri versioista oli olemassa mallikoetulokset ja niiden eroa lähdettiin vertailemaan CFD:llä. Koska ero on mallikokeiden perusteella lähes kokonaan roiskevastusta, voitiin CFD:tä validoida kyseisellä kokeella. Toisena testinä ajateltiin Scandlinesin nokan yläreunaan tehtäviä roiskelistoja. Ajatuksena oli estää nokasta lähtevää roisketta törmäämästä laivan runkoon. Samalla ajatuksena oli tehdä lista hieman vinoon niin että se kehittäisi osan roiske-energiasta takaisin eteenpäin vieväksi voimaksi.

5.2 Hurtigruten

Hurtigrutenin kahden version vertaaminen CFD:llä toteutettiin STX:n tiloissa. Ongelmia aiheutti runkojen gridin epätarkkuus. Mallit olivat CFD:lle muutettuna kuhmuraisia ja niitä korjattiin resurssien rajoissa. Suuriin muutostöihin ei ollut mahdollisuuksia ryhtyä. Laskenta saatiin tehtyä ja pahimmat ongelmat rungoissa ratkaistua.

Laskennan tulos oli yllättävä. CFD laski tilanteen päinvastoin eli parannettu uusi runko olikin 2 %:a huonompi kuin vanha nopeudella 18 kn. Tästä johtuen kokeesta ei voi vetää kunnollisia johtopäätöksiä. Tilanne on kuitenkin laskentatoleranssien rajoissa. CFD:llä pääsääntöisesti päästään 2 %:n tarkkuuteen ja mallikokeiden tulos voi heittää 1-1,5 %:a. Tarkkuutta heikentää gridiltään huonoksi jääneet rungot. CFD -runkojen huonouden takia uskottavammaksi vaihtoehdoksi jäi mallikokeiden tulos.

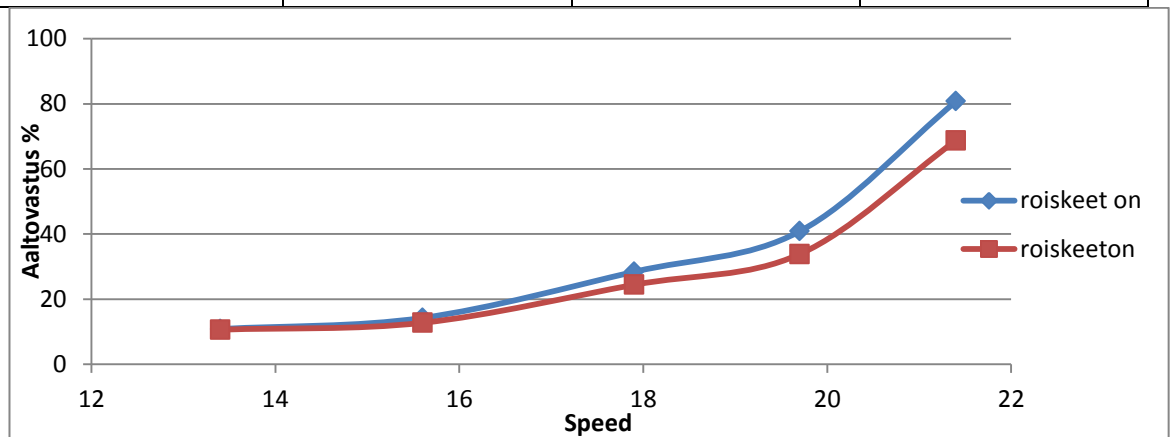
6 TULOKSET JA VERTAILUT

6.1 Laivojen roiskevastusarviot

Scandlinesin lautasta etsittiin mallikoeraportista nopeudet joilla mittaukset olivat tehty. Täysimittaisen laivan arvoista saatiin seuraavanlainen taulukko 1 ja kuvio 2.

Taulukko 1. Scandlines.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus% - roiskevastus%
13,4	10,8	0,2	10,6
15,6	14,3	1,5	12,7
17,9	28,4	4	24,4
19,7	40,8	7	33,8
21,4	80,8	12	68,8



Kuvio 3. Scandlines.

Lautan aallonvastusprosentti on huomattavasti korkeampi kuin normaalisti. 21,4 solmun nopeudella 80 %:a vastuksesta on aaltovastusta ja vain pieni osa kitkavastusta. Alus roiskii todella voimakkaasti suurilla nopeuksilla ja voidaankin olettaa roiskevastuksen osa todella suureksi. Arvio Roiskeen osuudesta muodostui

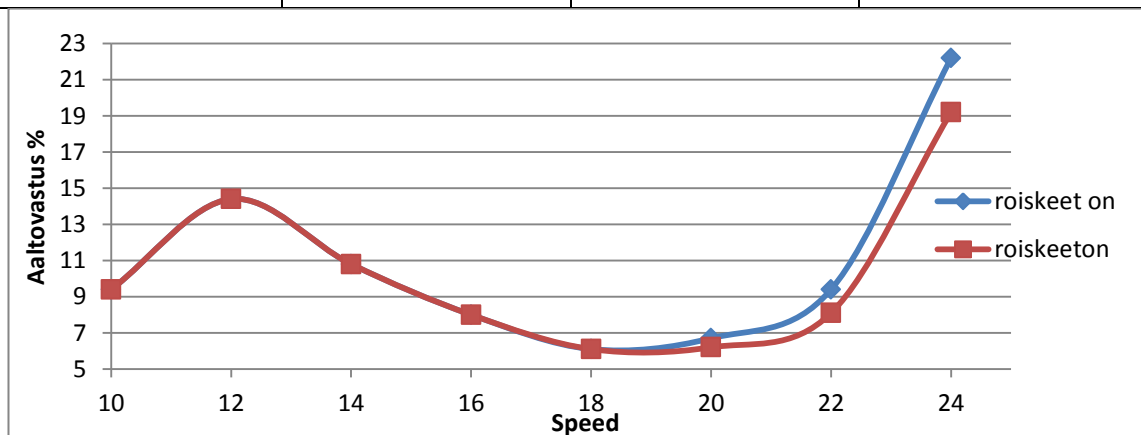
Hurtigrutenin ja muiden laivojen mallikoeraportin kuvista. Mallikoeraportin kuvista nähdään, että lautta roiskii selvästi muita samankokoisia laivoja enemmän. Aaltovastusprosentin arvo on todella suuri varsinkin 21,4 solmun nopeudella. Tämä johtuu matalan veden mittauksesta. Matalan veden mittausta ei voi verrata luotettavasti muihin syvässä vedessä tehtyihin mittauksiin. Scandlinesista ei ollut syvän veden mittauksia, koska laivan reitti on matalassa vedessä. (HSVA 2014, P1–P2, T10.)

Viking Gracen ovat taulukko 2 ja kuvio 3.

Taulukko 2. Viking Grace.

nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus% - Roiskevastus%
-----------	---------------	----------------	---------------------------------

10	9,4	0	9,4
12	14,4	0	14,4
14	10,8	0	10,8
16	8	0	8
18	6,1	0	6,1
20	6,7	0,5	6,2
22	9,4	1,3	8,1
24	22,2	3	19,2



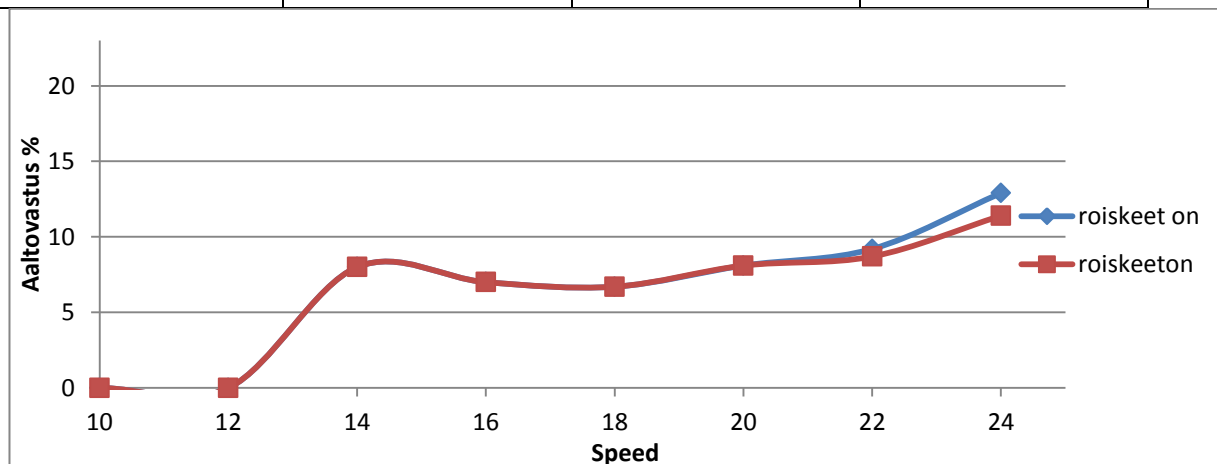
Kuvio 4. Viking Grace.

Alussa oleva vastuksen nousu johtuu liian suuresta Bulbista, joka ei toimi liian pienellä nopeudella. Kuvaajasta nähdään myös selvä nousu 22 kn ja 24 kn solmun välillä aaltovastusprosentissa. Bulbin koko on silloin liian pieni. Bulbin jäädessä pieneksi alkaa myös interferenssin vaikutus olla liian pieni ja alkaa muodostua aaltoja ja roiskeita. Roiskeet ovat kuitenkin todella pieniä ja niinpä niiden arvo on arvioitu huomattavasti pienemmäksi kuin Scandlinesin lautalla. (Marin 2012, T6–T7, PH10–PH14.)

TUI:n uusi risteilijä on erittäin samanlainen kuin Viking Grace. Risteilijänä se saadaan tehtyä vielä paremman malliseksi, joka näkyy tuloksissa taulukossa 3 ja kuviossa 4.

Taulukko 3. TUI.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus% - Roiskevastus%
10	0	0	0
12	0	0	0
14	8	0	8
16	7	0	7
18	6,7	0	6,7
20	8,1	0	8,1
22	9,2	0,5	8,7
24	12,9	1,5	11,4



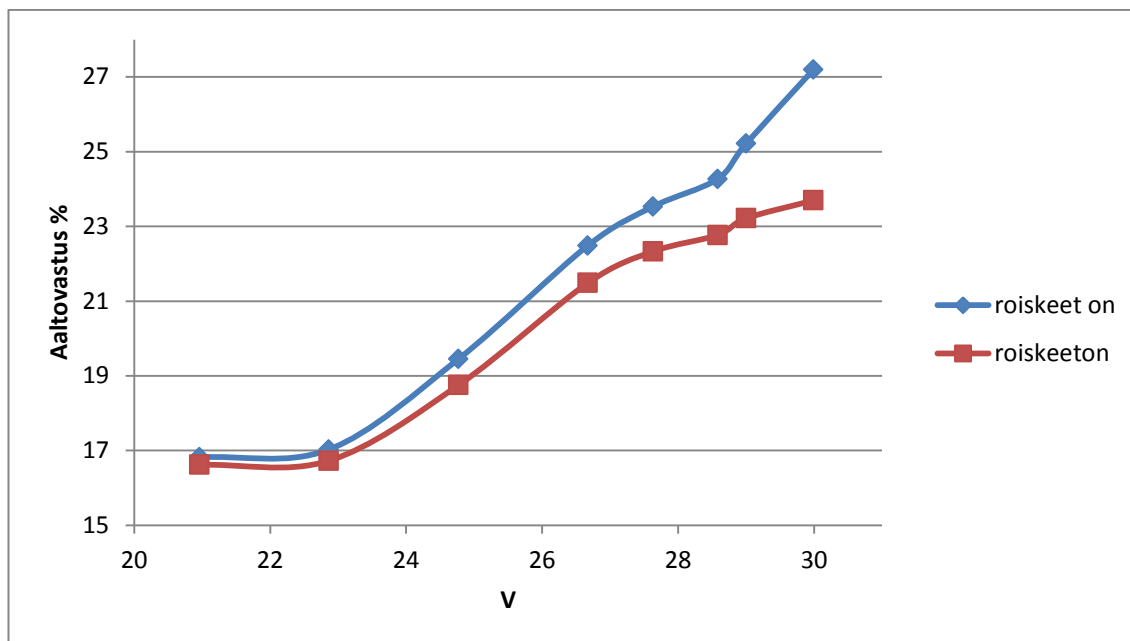
Kuvio 5. TUI.

Kuvaaja on muodoltaan samanlainen kuin Viking Gracen. TUI:n muodot ovat kuitenkin loivemmat mikä johtuu pitkälti se suuremmasta koosta ja suhteessa pienemmästä leveydestä. Välillä 10–12 kn aallonmuodostus on niin pientä, että se on käytännössä nolla verrattuna kitkavastukseen. TUI:sta roisketta löytyy vasta 22 kn ja 24 kn vauhdista ja silloinkin hyvin vähän. (Marin 2013, F4–F9)

Superspeedin ovat taulukko 4 ja kuvio 5.

Taulukko 4. Superspeed.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus%	Aaltovastus% - Roiskevastus%
20,96	16,8	0,2	16,6
22,86	17,0	0,3	16,7
24,77	19,5	0,7	18,8
26,67	22,5	1	21,5
27,63	23,5	1,2	22,3
28,58	24,3	1,5	22,8
29,00	25,2	2	23,2
29,99	27,2	3,5	23,7



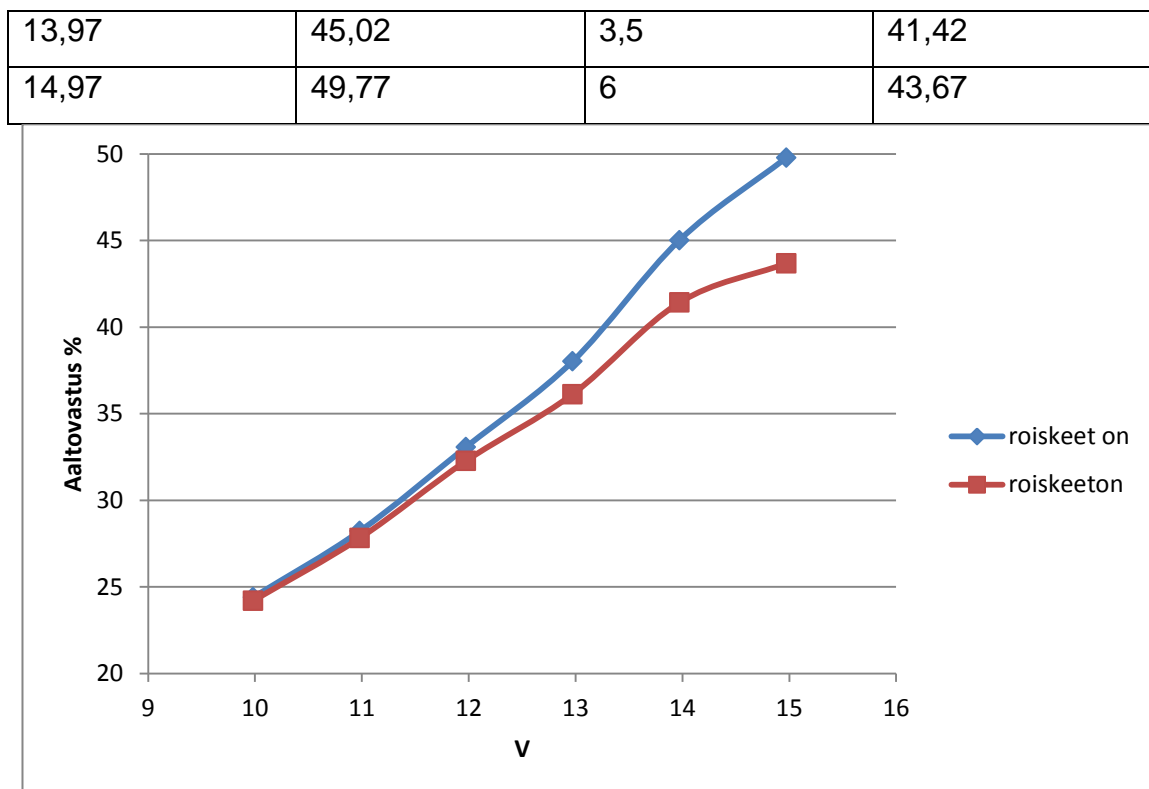
Kuvio 6. Superspeed.

Superspeedin erikoisuutena olevat suuret nopeudet eivät ole suuri ongelma, kun laiva voidaan suunnitella vain niille. Niinpä sen aaltovastusosuus 24 solmulla on pienempi kuin esim. Viking Gracella. Aaltoja muodostuu kuitenkin kovimilla nopeuksilla melko paljon ja siksi arvio on kohtuullisen suuri. 3,5 %:n roiskevastusosuutta voidaan pitää varsin kohtuullisena ajatellen nopeutta 30 kn. (Marin 2006, ph12–ph17, T4.)

Kaksipäinenlautta Stella on hieman perinteisempi lautta kuin Scandlines ja siksi niiden arvot eivät ole kovinkaan vastaavia. Stellan taulukko on 5 ja kuvio 6.

Taulukko 5. Stella.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus % - Roiskevastu %
9,98	24,40	0,1	24,20
10,98	28,22	0,3	27,82
11,97	33,07	0,7	32,27
12,97	38,03	1,8	36,13



Kuvio 7. Stella.

Lautta liikkuu matalilla nopeuksilla ja erittäin huonosta hydrodynaamisesta muodosta huolimatta aaltovastus pysyy kohtuullisena. Aaltovastus kasvaa kovemmilla nopeuksilla, koska lautta vetää ja työntää vettä. Samalla kasvaa reilusti roiskeet ja roiskevastusprosentti kuvaajan mukaisesti. (VTT 2011, 11, 36.)

Radisson Diamond on swath aluksena hieman erilainen ja sen vastusprosentit jakaantuvat eritavalla taulukossa 6.

Taulukko 6. Radisson Diamond.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus% - Roiskevastus %
10	24,36	0	24,36
11	32,59	0	32,59
12	41,13	0	41,13
13	49,90	0	49,90

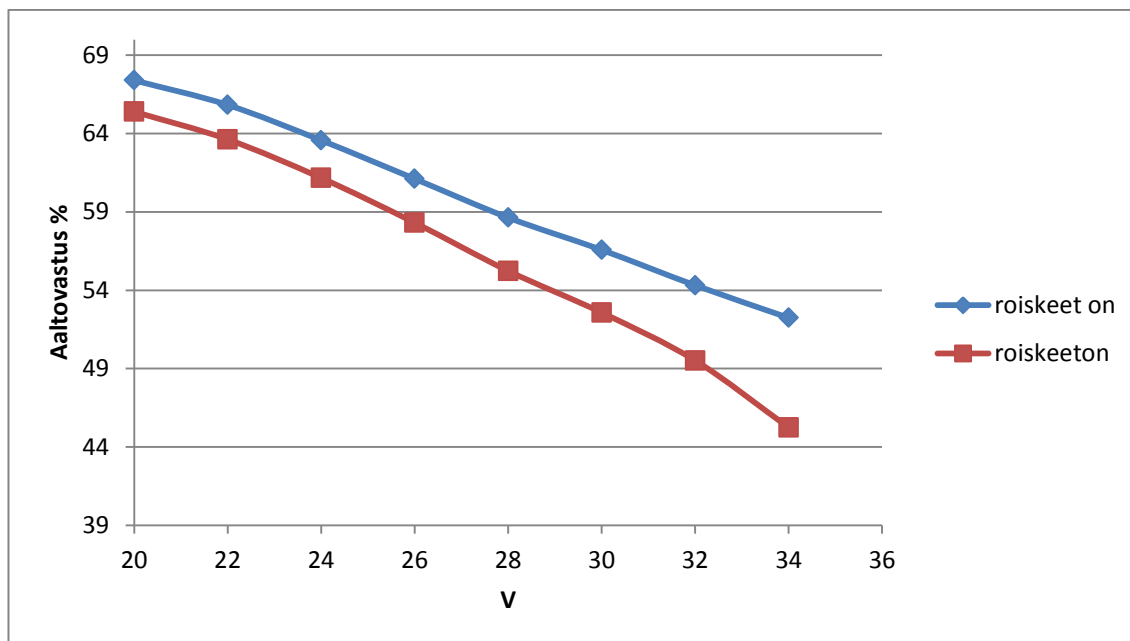
14	58,06	0,3	57,66
15	63,87	0,6	63,17

Koska swath aluksessa on pieni märkäpinta-ala, on sen aaltovastus suhteessa isompi kuin monissa normaaleissa uppoamarunko aluksissa. Vaikka Radisson Diamond tuottaa suuret aallot, se on keulastaan niin terävä, ettei varsinaista roisketta synny oikeastaan ollenkaan. (VTT 1990, 10, 56–57.)

Hamina-luokan ohjusvene on vertailun ainoa liukuvane ja siksi sen arvot ovat erilaiset taulukossa 7 ja kuviossa 7.

Taulukko 7. Hamina-ohjusvene.

Nopeus kn	Aaltovastus %	Roiskevastus %	Aaltovastus % - Roiskevastus %
20	67,40	2	65,40
22	65,83	2,2	63,63
24	63,57	2,4	61,17
26	61,11	2,8	58,31
28	58,64	3,4	55,24
30	56,58	4	52,58
32	54,32	4,8	49,52
34	52,24	7	45,24
36	50,68	10	40,68



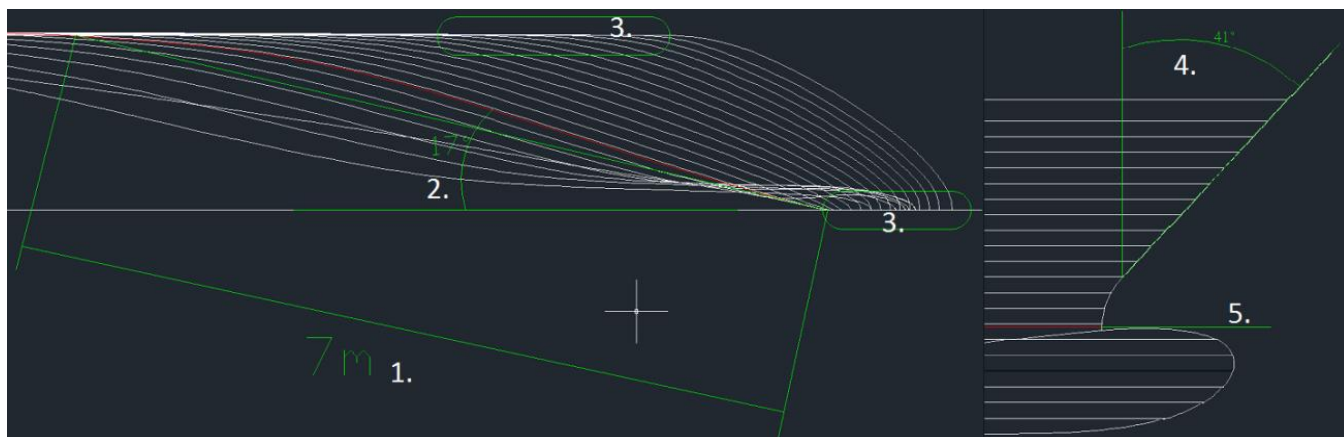
Kuvio 8. Hamina-ohjusvene

Ohjusveneeseen aaltovastusprosentti putoaa nopeuden kasvaessa päinvastoin kuin uppoamarunkoisilla laivoilla. Roiskevastus on suurempi ja sen voi visuaalisesti nähdä. (VTT 1997, 8, 20–21.)

6.2 Linjapiirustuksien vertailu

Linjapiirustuksia vertaillessa otettiin tarkasteluun STX:lle kiinnostavimmat laivat. Laivojen piti olla samantyyppisiä, jotta vertailu olisi mahdollista. Muuten keskeisten erojen erottaminen olisi vaikeaa. Linjapiirustuksia vertailtiin molemmista Hurtigruteneista, TUI:sta, Gracesta ja Superspeedistä. Vertailu tapahtui autocadilla liittämällä samankokoisiksi muutetut linjapiirustukset päällekkäin. Skaalauksen takia saman laivan mitat saattavat vaihdella eri vertailuissa. Kuvan selvyyden takia päällekkäin sijoitettiin kerrallaan kaksi laivaa. Toisen laivan linjapiirustus muutettiin kirkkaanväriiseksi hahmottamisen helpottamiseksi. Hurtigrute-

neita verrattiin keskenään, mutta huonompaa ja vanhempaa E:tä ei verrattu muihin laivoihin. Vertailuarvoja on selitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kuvassa on selitetty tarkemmin vertailtuja arvoja. 1. Vesiviivan viereisen linjan pituus. 2. vesiviivan aukeamiskulma niin sanottu V-kulma. 3. Linjojen yhdistyminen laitaan ja keskiviivaan. 4. Stemkulma. 5. Viiva näyttää tuleeko bulbi pinnalle.

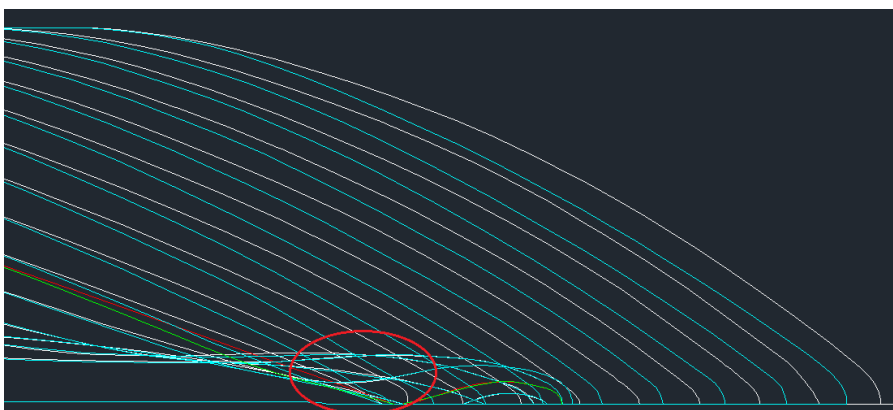
Hurtigrutenin E1 ja superspeed olivat vertailussa ensimmäisenä. Hurtigrutenissa on selvästi voimakkaammin hanhenkaula -bulbin muotoa. Superspeedissä se on isompi ja pidempi. Molemmissa bulbi nousee pinnalle vaikka suunnittelunopeudessa on 10 kn eroa. Superspeedin 45 asteen stemkulma on huomattavasti pystympi kuin Hurtigrutenin 57 astetta. Hurtigrutenin keula on jyrkemmällä V-kulmalla suunnitteluvesiviivalla noin 17 astetta kun se Superspeedissä on 14 astetta. Superspeedissä on selvästi loivemmat lähdöt molemmissa päissä ja keulan V on myös huomattavasti pidempi. Linjaviivan irtoaminen kyljestä ja loppuminen keskiviivaan vesiviivan vieressä on noin 6,6 m ja vastaava hurtigrutenissa vain noin 5 m

Hurtigrutenin E1:n ja TUI:n rungoissa näkyy vuosien tuoma kehitys. Hurtigrutenin bulbissa on huomattavasti enemmän hanhenkaulaa ja se nousee pinnan yläpuolelle. TUI:n bulbi on pidempi, mutta suorempi ja se ei nouse missään vaiheessa pinnan yläpuolelle. Stemkulmissa on selvä ero. Hurtigrutenissa kulma on 57 astetta ja TUI:ssa 41 astetta. TUI on selvästi loivemmalla keulan V-

kulmalla. TUI:ssa 14 astetta ja hurtigrutenissa 17 astetta. Sillä on vesiviivan viereisen linjan pituus 9,1 m kun se Hurtigrutenissa on vain 7 m.

Hurtigruten E1 ja Viking Gracen erot. Hurtigrutenin bulbissa on selvästi enemmän hanhenkaulaa ja se nousee pinnan yläpuolelle. Gracen bulbi on vähemmän pysty ja melko pyöreä. Hurtigrutenin stemkulma on 57 astetta ja Gracen 41 astetta. Gracen linjat ovat z kuvasta selvästi pyöreämmät eli linjojen kaartuminen tapahtuu koko matkalla eikä molemmissa päissä. Tämä selittyy tarpeella saada keulaportti. Vesiviivan viereisen linjan pituus on 7 m Gracessa ja hurtigrutenissa 6 m. Vesiviivan aukenemiskulma on 17 astetta Gracessa ja sama hurtigrutenissa. Linjan muoto on kuitenkin eri ja keskellä sattuu olemaan sama kulma. Gracessa on huomattavasti enemmän linjassa S-muotoa.

Hurtigrutenien välillä pystyttiin tarkastelemaan tarkemmin juuri sitä eroa, joka aiheutti roiskeiden pienenemisen. Stemkulmat ovat E1:ssä 57 astetta ja E:ssä 56 astetta. E1:ssä on suurennettu nielua bulbin ja rungon välissä. Ero selittyy lähinnä Bulbin yläpuolella tehdyllä S-muodolla. S-muotoa on tehty melko paljon lisää vesiviivan alueelle. Bulbi itsessään on käytännössä sama. Keulan kulman muutos ja lisätty S -muoto aiheuttavat sen, että keula on hieman lyhyempi kuin mallissa E. Linjat kaartuvat aikaisemmin E1 mallissa. Eroa ja S-muotoa on selvitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Punaisella ympyröidyllä alueella näkyy lisätty S-muoto. Sininen on malli E1 ja valkoinen E.

Superspeedin ja TUI:n erot ovat nopeudesta johtuvia. Superspeedissä on suuri pinnalle nouseva bulbi. Keulassa on pyöreämpi muoto johtuen autolautan keulaportista. TUI:ssa on pitkä päältä lähes suora bulbi. Muutenkin superspeedin bulbi on muodoltaan pyöreä kun TUI:n bulbissa ei ole pyöreyttä vaan se on linssimäinen. Stemkulma on TUI:ssa 41 ja 45 superspeedissä. Vesiviivan tuntumassa z-kuvasta katsottuna on TUI:ssa selvästi enemmän lommua eli S-muotoa linjoissa. Keula on selvästi terävämpi TUI:ssa kun superspeedissä eli keulan V on loivempi. Vesiviivan viereisen linjan pituus on superspeedissä 8,6 m ja TUI:ssa 9 m.

Superspeed ja viking grace erot. Stemkulmat ovat Viking Grace 41 astetta ja Superspeed 45 astetta. Bulbi superspeedissä on pystympi ja tulee pinnalle. Gracessa bulbi jää pinnan alle ja on vähemmän aggressiivinen. Bulbin korkeudessa ei ole paljoa ero, mutta Gracessa on huomattavasti kapeampi verrattuna superspeedin pallomaiseen. Volyymiä on superspeedissä huomattavasti enemmän. Laidoituksen lähellä Grace lähdöt ovat paljon jyrkemmät, mutta n. puolessa välissä molempien linjat seuraavat toisiaan melko tarkasti. Muoto on siis pidempi Superspeedissä, mutta aivan keulassa terävyys on lähes sama. Vesiviivan viereisen linjan pituus on Gracessa 5,7 m ja superspeedissä 6,5 m.

Viking Gracen ja TUI:n erot. Stemkulmat Viking Grace 41 ja TUI 41. Bulbi samantyyppinen, mutta TUI:ssa on terävämpi niin y- kuin z-kuvasta. Nielut ovat myös melko samanlaiset. Molemmat bulbit ovat hieman vedenpinnan alapuolella. Viking Gracen keula on huomattavasti täyteläisempi autorampin takia. Ero on selvä ja näkyy mm. linjojen kulmassa keskiviivaan. Vesiviivan vieressä oleva linja on TUI:ssa 9,1 m pitkä ja Viking Gracessä 8,0 m. Linjat tulevat jyrkemmin koko keulan mitalla Viking Gracessä kuin TUI:ssa. TUI:ssa on terävämpi V kuin Gracessä. Asteina TUI:ssa on 14 ja Gracessä 17 astetta.

7 YHTEENVETO

7.1 Eri laivatyytit

Eri laivatyyppien välillä on suuria eroja roiskevastuksen suuruudessa. Roiskevastusta vertaillessa swath-tyyppiset alukset eivät roiski kapeiden keulojensa takia. Niissä ongelmallista on kahden vierekkäisen rungon muodostama interferenssi. Tämä on huonon runkosuunnittelun aiheuttama haitta ja pystytään hyvin estämään huolellisella suunnittelulla. Vaikka swathin aaltovastuskerroin on iso, ei siitä ole roisketta kuin hyvin pieni osa.

Turun telakalle perinteisten tuotteiden risteilijöiden ja ropaxien, roiskevastus ei ole suuri. Ongelmia muodostuu silloin, kun täytyy päästä todella kovaa, kuten esimerkiksi vertailussa olleella Superspeedillä. Kovissa nopeuksissa roiskevastus saadaan kohtuulliseksi isolla bulbilla, mutta se heikentää hiljaisempien nopeuksien hyvyyttä. Tämän kaltaisilla aluksilla on ongelmana niiden suuri koko ja suuri käyttöaste. Suuresta koosta johtuen kokonaisenergian kulutus on todella suuri, ja käyttöasteesta johtuen ne myös ajavat lähes jatkuvasti. Siinä pienetkin vastusarvot ovat merkittäviä. Tästä johtuen Gracen ja Superspeedin ero maksiminopeuden roiskevastuksessa on vain 0,5 %:a. Ero on huomattavasti suurempi kuin miltä nopeasti katsottuna näyttää. Superspeed tarvitsee paljon enemmän tehoa saavuttaakseen 30 kn nopeuden. Tästä suuremmasta tehosta kuuluu aaltovastukseen isompi osa, kuin Gracen kohdalla sen ajaessa 24 kn. Aaltovastuksen viemästä tehosta lasketaan vielä roiskeisiin menevä osuus, on ero tehossa todella suuri. Tämä riippuu Frouden luvusta. Tästä voidaan päätellä, että risteilijä- ja ropax-tyyppisissä aluksissa pystytään roiskevastussuunnittelulla pienentämään kokonaisu-aaltovastusta merkityksellisesti. Vertailussa antaa perspektiiviä Hurtigruten, jonka suunnittelu ei ole yhtä onnistunut kuin muissa risteilijöissä ja ropaxeissa. Syy on suuri Frouden luku, joka on noin 0,3. Se on roiskemielessä huomattavasti huonompi kuin muut vastaavat alukset.

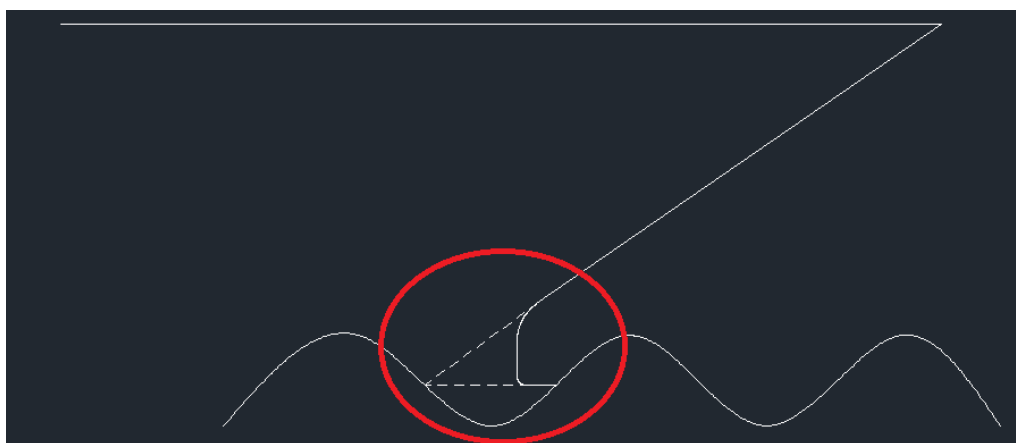
Lauttojen ja lossien kohdalla roiskevastus on todella suuri ja oleellinen ongelma. Tutkimuksessa mukana olleet lautat Scandlines ja Stella ovat roiskevastukseltaan huonoimmat uppoamarunkoiset alukset. Suurin ongelma hydrodynamiikka- ja runkosuunnittelun kannalta on niiden käyttötarkoitus. Niihin on tarkoitus saada mahdollisimman paljon autoja, jolloin aluksen rungon muokattavuus kärsii selvästi. Mallikokeissa näkyy, miten Stella vetää perässään ja työntää edessään suurta vesimassaa. Etupäässä vesi myös murtuu roiskeeksi. Scandlines on jouduttu suurempien nopeuksien takia tekemään virtaviivaisemmaksi. Silti näkyy, miten paljon vesi nousee keulan työntäessä sitä edellään. Stellan kohdalla telakan on vaikeaa pystyä parantamaan merkittävästi roiskevastusta. Lossi on muodoltaan laatikko, johon on hyvin vaikea keksiä parannuskeinoja. Tärkeimpiä seikkoja on lossin oikea koko ja riittävän matalat nopeudet. Koko on tärkeä, koska aina täynnä oleva lossi on myös tuottoisin. Matalilla nopeuksilla lossin muoto ei vaikuta niin kriittisesti kuin suuremmilla nopeuksilla. Scandlines on nopeuteensa nähden onnistunut projekti. Nokan nostamat roiskeet voisi yrittää ohjata alaspäin roiskelistalla. Roiskelistasta voisi olla käännetty niin, että siitä saisi voiman komponentin käännettyä eteenpäin. Scandlinesin keulassa on jo paljon S-muotoa, joka tuntuu auttavan hieman roiskeiden synty-miseen.

Hamina-luokan ohjusveneessä roiskeet ovat suurimmat, mutta se on normaalia puoliplaanaavalle alukselle. Ohjusveneen nopeudet ovat niin kovia, ettei roiskimista pysty estämään. Vene roiskii juuri oikeaan suuntaan eli reilusti takaviistoon ja alas. Roiskeiden suuntautuessa alas niistä ei ole comfort-mielessä haittaa. Puoliplaanaavissa veneissä usein riittää juuri comfort-mielessä tarpeeksi matalat roiskeet.

7.2 Linjapiirustuksien yhteenveto

Linjapiirustusten analyysistä kerättiin asiat, joissa oli selvä trendi roiskevastuksissa. Keulan suurempi stemkulma antoi poikkeuksetta paremman roiskevas-

tuksen. Suurin roiskevastus osuus on hurtigrutenissa ja siinä on huomattavasti loivempi kulma kuin muissa aluksissa. Paremmuusjärjestyksessä roiskevastuksen suhteen alukset menivät seuraavasti: TUI 41 astetta, Viking Grace 41 astetta, superspeed 45 astetta, Hurtigruten E1 57 astetta. Keulan kulmaa voidaan vesiviivalla muuttaa tekemällä nieluun tasainen kohta. Näin keulan kohtaamiskulma veteen saadaan mahdollisimman suoraksi verrattuna loppuun asti kaltevana pysyvään stemkulmaan. Tämä on esitetty paremmin kuvassa 4.



Kuva 4. Nielu jossa on muutettu kohtauskulma veteen paremmaksi.

Keulan muotoon lisätty S-muoto tuntuu parantavan laivan roiskeominaisuuksia. TUI:ssa sitä on lisätty ja samalla saatu parannettua roiskeen muodostusta. Hurtigruteneista parempi oli malli E1, jonka suurin muutos oli S-muodon lisääminen linjoihin. Viking Gracessa ja Superspeedissä S-muodon lisääminen on vaikeaa, koska keulaportti vaatii oman tilansa. S-muodon määrää voidaan tarkastella flarekulmalla. Mitä suurempi flarekulma on, sitä paremmin linja on kohtisuorassa vettä vasten ja roiskeet vähenevät.

Keulan vesiviivan aukeamiskulma vaikuttaa roiskevastukseen. Kulmat olivat: TUI 14 astetta, Superspeed 14 astetta, Viking Grace 17 astetta ja hurtigruten 17 astetta. TUI:n ollessa paras roiskevastuksessa ja Hurtigrutenin taas huonoin. Vesiviivan linjan pituus laitaan yhtymäkohdasta ja keskiviivan leikkauksesta menivät samalla tavalla. Pituus kertoo samasta vaikutuksesta, mutta poistaa erilaisten linjamuotojen vaikutusta.

Bulbi vaikuttaa asiaan, mutta näin pienestä otannasta on vaikea sanoa mitään varmaa. Selvää on, että bulbin täytyy sopia alukseen ja sen nopeuteen. Hanhenkaula-bulbia ei tarvita välttämättä kovillakaan nopeuksilla, sillä muun muassa Superspeedin bulbissa on vain hieman hanhenkaulaa. Hanhenkaulan puuttumista on korvattu suurella uppoumalla. Hanhenkaula-bulbien aika alkaa olla ohi ja nykyään suositaan enemmän linssimäisiä bulbeja.

7.3 Jatkomahdollisuudet

Roiskevastusta laivoissa ei ole tutkittu kovinkaan paljon. Paljon olisi pystynyt tekemään, jos olisi ollut enemmän taloudellisia ja ajallisia resursseja. CFD:llä kannattaisi laskea alusten roiskevastuksia ja vertailla tuloksia omiin päätelmiin ja mallikoetuloksiin. Tähän ei kuitenkaan ollut aikaa yhden laskelman kestäessä yhdestä kahteen päivään. Kun taloudelliset resurssit mahdollistaisivat, kannattaisi joitain aluksia vetää mallikokeissa erilaisien muutoksien jälkeen. Tutkittavien alusten määrä voisi lisätä ja tehdä tutkimuksesta kaikin puolin perusteellisemmän.

Linjapiirustuksiin kannattaisi yrittää saada normaalimmat vertailuarvot. Yksinkertainen olisi L/B-suhde, jonka uskoisin kertovan jotain roiskeherkyydestä. Keulan blokki kertoisi keulan täyteläisyydestä ja muun muassa mahdollisesta S-muodosta. Käyttämäni mittausarvot ovat hieman monimutkaisia ja niiden selittäminen ongelmallista. Mukaan liitetyn kuvan pitäisi selventää arvoja. Keulan V-kulman ongelmana on, että linjat voivat olla aivan erilaiset ja silti keskellä saattaa olla lähes sama kulma.

Näistä kaikista vertailuarvoista pitäisi löytää hyvän roisketaloudellisuuden rajat. Rajat kannattaisi laittaa samojen kansien sisään. Sisällöstä pystyisi nopeasti vertailemaan, täyttyykö projektissa edellytykset hyvälle roiskevastukselle.

LÄHTEET

Hoerner, Sigward F. 1965. Fluid-dynamic drag. Washington D.C.: Hoerner

HSVA. 2014. Model tests for the STX RoPax GR15. Hamburg: HSVA.

Marin. 2013. Cruise vessel for TUlc; Propulsion and cavitation tests on final hull form and final rolls-royce propellers. Wageningen: Marin.

Marin. 2012. Medium speed Baltic ferry for Viking Line; calm water model tests with stock and designed propellers. Wageningen: Marin.

Marin. 2006. Calm water model tests for color line "superspeed". Wageningen: Marin.

Müller-Graf, B. 1991. The Effect of an advanced spray rail system on resistance and development of spray of semi-displacement round bilge hulls. Berlin: Berlin model basin.

Hämäläinen, R. 2014. Hydrodynamiikka ammattikorkeakoululle. Viitattu 20.5.2014 https://optima.turkuamk.fi/learning/id9/bin/doc_show?id=352676

STX Europe 2014. STX Finland in brief. viitattu 13.5.2014 www.stxeurope.com > About stx Finland

VTT. 2011. Resistance and self-propulsion model tests for a double-ended ferry. Helsinki: VTT

VTT. 1997. Resistance and stability model tests for a fast patrol boat L-420. Helsinki: VTT

VTT. 1990. Resistance, propulsion, wakefield and flow visualization model tests with modified hull version of the cruise liner L-310. Helsinki: VTT.